

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-060577

(43)Date of publication of application : 28.02.2003

(51)Int.Cl.

H04B 10/02
G02B 6/10
H04B 10/18

(21)Application number : 2001-251385

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 22.08.2001

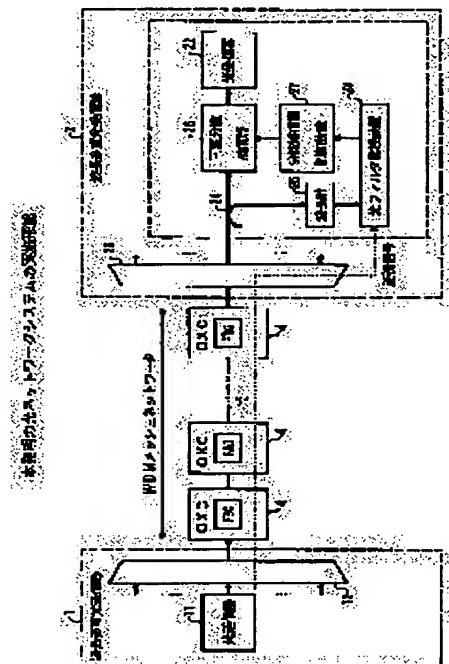
(72)Inventor : MAEDA HIDEKI
TSUNODA MASATOYO
IMAI TAKAMASA
KUBO TSUTOMU

(54) OPTICAL NETWORK SYSTEM AND METHOD FOR CONTROLLING ITS DISPERSION COMPENSATION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve degradation in transmission characteristics due to a wavelength dispersion of an optical fiber existing in an optical path, in a WDM mesh network capable of resetting the optical path due to a fault of an optical transmission line connected in a mesh-like state via optical cross connectors.

SOLUTION: An optical network system comprises a wavelength dispersion characteristics table indicating a wavelength dispersed value for an input wavelength of all the optical fibers of a plurality of the optical cross connectors; an optical filter monitoring unit having a means for recognizing the optical fiber existing in the optical path, obtaining the wavelength dispersed value of the filter existing in the path by referring to the table, and calculating a dispersion compensation amount for canceling the dispersed value; a variable dispersion compensator capable of setting a predetermined wavelength dispersed value at a previous means of an optical receiver; and a dispersion compensation amount controller for setting the wavelength dispersion in response to the compensation amount to the compensator, and automatically compensating the wavelength dispersion due to the filter when the filter existing in the path is changed by resetting the path.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-60577

(P2003-60577A)

(43) 公開日 平成15年2月28日 (2003.2.28)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

ターマコード (参考)

H 0 4 B 10/02

C 0 2 B 6/10

C 2 H 0 5 0

G 0 2 B 6/10

H 0 4 B 9/00

M 5 K 0 0 2

H 0 4 B 10/18

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-251385 (P2001-251385)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(22) 出願日 平成13年8月22日 (2001.8.22)

(72) 発明者 前田 英樹

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 角田 正豊

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100077718

弁理士 古谷 史旺

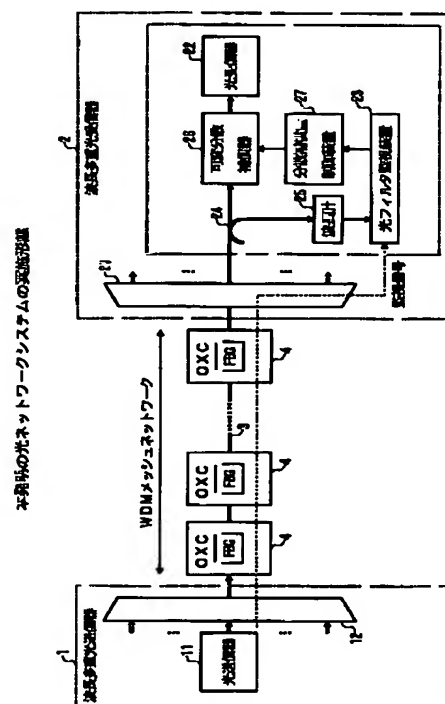
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ネットワークシステムおよびその分散補償制御方法

(57) 【要約】

【課題】 光クロスコネクタを介してメッシュ状に接続した光ファイバ伝送路の障害等により光パスの再設定を可能とするWDMメッシュネットワークにおいて光パス中に存在する光フィルタの波長分散に起因する伝送特性劣化を改善する。

【解決手段】 複数の光クロスコネクタのすべての光フィルタの入力波長に対する波長分散値を示す波長分散特性テーブルと、光パス中に存在する光フィルタを認識する手段とを有し、波長分散特性テーブルを参照して光パス中に存在する光フィルタの波長分散値を求め、それを相殺する分散補償量を算出する光フィルタ監視装置と、光受信器の前段で所定の波長分散値の設定が可能な可変分散補償器と、分散補償量に応じた波長分散を可変分散補償器に設定し、光パスの再設定により光パス中に存在する光フィルタが変化したときにその光フィルタによる波長分散を自動的に補償する分散補償量制御装置とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 対向する波長多重光送信器および波長多重光受信器が光ファイバ伝送路および複数の光クロスコネクタを介してメッシュ状に接続され、前記光クロスコネクタが波長に応じた光パスを設定する光フィルタを備えた構成であり、設定経路中の光ファイバ伝送路に障害が発生したときに、光パス（波長）の再設定により障害箇所を回避する経路に切り替える光ネットワークシステムにおいて、

前記複数の光クロスコネクタのすべての光フィルタの入力波長に対する波長分散値を示す波長分散特性テーブルと、前記光パス中に存在する光フィルタを認識する手段とを有し、前記波長分散特性テーブルを参照して前記光パス中に存在する光フィルタの波長分散値を求め、それを相殺する分散補償量を算出する光フィルタ監視装置と、

前記波長多重光受信器の各波長対応の光受信器の前段に挿入され、所定の波長分散値の設定が可能な可変分散補償器と、

前記光フィルタ監視装置で算出された分散補償量に応じた波長分散を前記可変分散補償器に設定し、前記光パスの再設定により光パス中に存在する光フィルタが変化したときにその光フィルタによる波長分散を自動的に補償する分散補償量制御装置とを備えたことを特徴とする光ネットワークシステム。

【請求項2】 前記光受信器の受信光信号の波長を検出し、その波長情報を前記光フィルタ監視装置に通知する波長計を備え、

前記光フィルタ監視装置は、前記波長情報に基づいて前記波長分散特性テーブルを参照し、前記光パス中に存在する光フィルタの波長分散値を求め、それを相殺する分散補償量を算出する構成であることを特徴とする請求項1に記載の光ネットワークシステム。

【請求項3】 前記光クロスコネクタは、前記光フィルタとして所定の波長の光を反射する少なくとも1つのファイバグレーティングフィルタを備えたことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の光ネットワークシステム。

【請求項4】 前記可変分散補償器は、熱的に分散補償量を変化させるチャープドファイバグレーティングフィルタを用いた構成であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の光ネットワークシステム。

【請求項5】 対向する波長多重光送信器および波長多重光受信器が光ファイバ伝送路および複数の光クロスコネクタを介してメッシュ状に接続され、前記光クロスコネクタが波長に応じた光パスを設定する光フィルタを備えた構成であり、設定経路中の光ファイバ伝送路に障害が発生したときに、光パス（波長）の再設定により障害箇所を回避する経路に切り替える光ネットワークシステムにおいて、

前記光パス中に存在する光フィルタを認識し、

前記光パス中に存在する光フィルタに対する波長分散特性テーブルを参照してその波長分散値を求め、それを相殺する分散補償量を算出し、

前記分散補償量に基づいて受信光信号の分散補償を行い、前記光パス中に存在する光フィルタの波長分散によって生じた波形劣化を補償することを特徴とする光ネットワークシステムの分散補償制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の光クロスコネクタを介してメッシュ状に接続されたWDMメッシュネットワークにおいて、光クロスコネクタを構成する光フィルタの分散に起因する伝送特性劣化を補償する光ネットワークシステムおよびその分散補償制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】ポイント・ツー・ポイントの長距離波長多重伝送システムでは、光ファイバ伝送路の波長分散と非線形光学効果の複合要因による波形劣化が伝送特性劣化の主要因になっている。この波形劣化の抑圧には、一定距離ごとに光ファイバ伝送路と逆の波長分散値を有する分散補償ファイバを光ファイバ伝送路中に配置し、さらに光ファイバの分散スロープに起因する累積分散は各光受信器の前段で分散補償ファイバ等により補償する方法が知られている（文献：分散マネジメントを用いた10 Gbit/s/ch WDM伝送システムの検討、信学技報、0CS9 6-57）。

【0003】また近年、ポイント・ツー・ポイントの波長多重伝送システムにおいて、図8に示すように、対向する波長多重光送信器1と波長多重光受信器2を光ファイバ伝送路3と複数の光クロスコネクタ（OXC）4を介してメッシュ状に接続したWDMメッシュネットワークが検討されている。このWDMメッシュネットワークでは、波長を光パスとして扱い、図中太線で示す設定経路中の光ファイバ伝送路3に障害が発生したときに、光パス（波長）の再設定を行うことにより図中破線で示す障害箇所を回避する経路に切り替えることができ、ネットワークの信頼性を高めることができる。

【0004】図9は、2×2の光クロスコネクタ4の構成例を示す。図において、光サーキュレータ41-1と光サーキュレータ41-2の各第2ポートを、2×2光スイッチ42-1～42-9とファイバグレーティング43-1～43-8を交互に介して接続し、光サーキュレータ41-1の第1ポートおよび第3ポートに入力ポートIN1および出力ポートOUT1を接続し、光サーキュレータ41-2の第1ポートおよび第3ポートに入力ポートIN2および出力ポートOUT2を接続する。

【0005】ファイバグレーティングフィルタ43-1～43-8は、それぞれ波長 $\lambda_1 \sim \lambda_8$ を反射し、その

他の波長を透過する。また、各 2×2 光スイッチ42-1~42-9はクロス状態またはバー状態に設定されるが、その組み合わせに応じて光サーキュレータ間に挿入されるファイバグレーティング（反射波長と透過波長の組み合わせ）が決定する。ここでは、 2×2 光スイッチ42-1~42-8がクロス状態に設定され、 2×2 光スイッチ42-9がバー状態に設定され、ファイバグレーティング43-2、43-4、43-6、43-8が光サーキュレータ間に挿入され、反射波長 λ_2 、 λ_4 、 λ_6 、 λ_8 、透過波長 λ_1 、 λ_3 、 λ_5 、 λ_7 の光クロスコネクタが構成される。

【0006】図9の構成では、入力ポートIN1から入力した波長 $\lambda_1 \sim \lambda_8$ の光パスのうち、波長 λ_2 、 λ_4 、 λ_6 、 λ_8 の光パスが反射して出力ポートOUT1から出力され、他の波長の光パスが出力ポートOUT2から出力される。同様に、入力ポートIN2から入力した波長 $\lambda_1 \sim \lambda_8$ の光パスのうち、波長 λ_2 、 λ_4 、 λ_6 、 λ_8 の光パスが反射して出力ポートOUT2から出力され、他の波長の光パスが出力ポートOUT1から出力される。したがって、入力ポートIN1から入力の光パスに「A」、入力ポートIN2から入力の光パスに「B」を付けて表示すると、出力ポートOUT1、OUT2にはそれぞれ図中表示の光パスが出力される。

【0007】ここで、「光パス中に存在するファイバグレーティングフィルタ」とは、光信号波長が反射するファイバグレーティングフィルタである。例えば図9の構成において、入力ポートIN1から入力の波長 λ_2 の光パスは、ファイバグレーティングフィルタ43-2で反射して出力ポートOUT1から出力されるので、「光パス中にファイバグレーティングフィルタが存在する」となる。一方、入力ポートIN1から入力の波長 λ_3 の光パスは、ファイバグレーティングフィルタ43-1~43-8をバイパスあるいは透過して出力ポートOUT2から出力されるので、この光クロスコネクタにおいては「光パス中にファイバグレーティングフィルタが存在しない」となる。

【0008】ところで、光クロスコネクタの再構成では、 2×2 光スイッチの状態を切り替えることにより、反射波長と透過波長の組み合わせを変化させることができる。例えば、入力ポートIN1から入力して出力ポートOUT2へ出力していた波長 λ_3 の光パスについて、反射波長 λ_3 のファイバグレーティング43-3で反射して出力ポートOUT1へ出力されるように、各 2×2 光スイッチを設定することにより、光パスの経路変更が可能となる。このとき「光パス中に存在するファイバグレーティングフィルタ」は1個増えることになる。この光パスの経路変更に伴い、光パス中に存在するファイバグレーティングフィルタの増減が以下に示す問題を引き起こす。

【0009】ファイバグレーティングフィルタは、反射

特性に対して理想的なほぼ矩形の振幅特性を有するが、帯域内で非常に大きな分散をもつことが指摘されている（文献：G.Nykolak et al., "Dispersion Penalty Measurements of Narrow Fiber Bragg Gratings at 10Gbit/s, IEEE PTL, vol.10, no.9, 1998）。なお、同文献には、反射信号に対する分散特性が透過信号に対する分散特性に比べて十分に大きいことが示されており、ここでは反射帯域内における信号波長と反射波長のずれに伴う波長分散を問題にする。

【0010】図10は、3dB帯域0.57nmのファイバグレーティングフィルタの波長分散特性および反射特性を示す。横軸は信号波長とファイバグレーティングフィルタの反射中心波長のずれを示し、左縦軸は分散値、右縦軸は反射率を示す。実線は1段接続時、破線は8段接続時の各特性を示す。図10に示すように、1段接続時において、中心波長で25ps/nm、3dB帯域内で $-200 \sim 200$ ps/nmの波長分散をもつことがわかる。また、8段接続時には、中心波長で200ps/nm、0.43nmに狭窄化された3dB帯域内で $-600 \sim 1000$ ps/nmの波長分散をもつことがわかる。

【0011】この特性から、信号波長とファイバグレーティングフィルタの反射中心波長がずれると、ファイバグレーティングフィルタの波長分散が無視できない値になることがわかる。したがって、長距離WDMメッシュネットワークにおいても、光パス中に存在するファイバグレーティングフィルタの波長分散は無視できず、この波長分散は光ファイバ伝送路の波長分散と同様に、光ファイバの非線形光学効果との複合要因によって顕著な波形劣化を生じさせることになる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】従来は、上述したように光ファイバ伝送路の波長分散や分散スロープに対する分散補償方法のみであり、光クロスコネクタに用いられるファイバグレーティングフィルタの波長分散に起因する伝送特性劣化は考慮されず、それに対する補償方法についても検討されてこなかった。

【0013】なお、光パス中に存在するファイバグレーティングフィルタの波長分散について、上述した光ファイバの波長分散と同様に扱い、光受信器の前段で光ファイバの累積分散とともに分散補償ファイバ等により補償する方法も考えられるが、光パスの変更に柔軟に対応できない問題がある。これは、図8に示すように、障害等により光パス変更（光パス再設定）が生じると、光パス中のファイバグレーティングフィルタの位置および個数が増減し、光受信器の前段で補償すべき分散補償量もその都度変化するためである。

【0014】本発明は、光クロスコネクタを介してメッシュ状に接続した光ファイバ伝送路の障害等により光パスの再設定を可能とするWDMメッシュネットワークにおいて、光パス中に存在する光フィルタの波長分散に起

因する伝送特性劣化を自動的に改善する光ネットワークシステムおよびその分散補償制御方法を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明は、対向する波長多重光送信器および波長多重光受信器が光ファイバ伝送路および複数の光クロスコネクタを介してメッシュ状に接続され、光クロスコネクタが波長に応じた光パスを設定する光フィルタを備えた構成であり、設定経路中の光ファイバ伝送路に障害が発生したときに、光パス（波長）の再設定により障害箇所を回避する経路に切り替える光ネットワークシステムにおいて、複数の光クロスコネクタのすべての光フィルタの入力波長に対する波長分散値を示す波長分散特性テーブルと、光パス中に存在する光フィルタを認識する手段とを有し、波長分散特性テーブルを参照して光パス中に存在する光フィルタの波長分散値を求め、それを相殺する分散補償量を算出する光フィルタ監視装置と、波長多重光受信器の各波長対応の光受信器の前段に挿入され、所定の波長分散値の設定が可能な可変分散補償器と、光フィルタ監視装置で算出された分散補償量に応じた波長分散を可変分散補償器に設定し、光パスの再設定により光パス中に存在する光フィルタが変化したときにその光フィルタによる波長分散を自動的に補償する分散補償量制御装置とを備える（請求項1）。

【0016】本発明の光ネットワークシステムは、さらに光受信器の受信光信号の波長を検出し、その波長情報を光フィルタ監視装置に通知する波長計を備え、光フィルタ監視装置は、波長情報に基づいて波長分散特性テーブルを参照し、光パス中に存在する光フィルタの波長分散値を求め、それを相殺する分散補償量を算出する構成である（請求項2）。

【0017】光クロスコネクタは、光フィルタとして所定の波長の光を反射する少なくとも1つのファイバグレーティングフィルタを備える（請求項3）。

【0018】可変分散補償器は、熱的に分散補償量を変化させるチャープドファイバグレーティングフィルタを用いた構成である（請求項4）。

【0019】また、本発明は、光ネットワークシステムの分散補償制御方法として、光パス中に存在する光フィルタを認識し、光パス中に存在する光フィルタに対する波長分散特性テーブルを参照してその波長分散値を求め、それを相殺する分散補償量を算出し、分散補償量に基づいて受信光信号の分散補償を行い、光パス中に存在する光フィルタの波長分散によって生じた波形劣化を補償する（請求項5）。

【0020】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の光ネットワークシステムの実施形態を示す。ここでは、図8に示すWDMメッシュネットワークで設定された1つの光パスにつ

いて示す。すなわち、波長多重光送信器1の1つの光送信器11から送信された光信号は合波器12を介して出力され、光ファイバ伝送路3および複数の光クロスコネクタ（OXC）4を介して波長多重光受信器2に入力し、分波器21を介して1つの光受信器22に受信される。

【0021】本実施形態の特徴は、光パス中に存在するファイバグレーティングフィルタFBGによる波長分散を補償するために、波長多重光受信器2側に、光フィルタ監視装置23、光カプラ24、波長計25、可変分散補償器26、分散補償量制御装置27を備えるところにある。光カプラ24および可変分散補償器26は光受信器22の前段に挿入され、光カプラ24で分岐した受信光信号の一部は波長計25に入力される。

【0022】光フィルタ監視装置23は、光パス中に存在するファイバグレーティングフィルタFBGの種類と個数を監視する。そのために、例えばサブキャリア変調方式などを用いて光パスと同ルートで転送可能な監視信号を用い、各光クロスコネクタから反射するファイバグレーティングフィルタFBGの種類と個数の情報を主信号に重畳するようにする。ただし、監視信号の転送方式についてはサブキャリア変調方式などに限定されるものではなく、光ネットワークを監視する別の監視システムに組み込んでよい。例えば、光パスを再設定する際に、各光クロスコネクタ内のファイバグレーティングフィルタの接続構成が一元的に決まるので、特別な監視信号を用いなくても、予め光フィルタ監視装置23に各光クロスコネクタ内のファイバグレーティングフィルタの接続構成を記憶させておけば、光パス中に存在するファイバグレーティングフィルタを認識することができる。

【0023】また、光フィルタ監視装置23は、WDMメッシュネットワークに存在するすべてのファイバグレーティングフィルタFBGについて、あらかじめ個々に測定しておいた入力波長に対する波長分散値を示す波長分散特性テーブルを備える。ファイバグレーティングフィルタXの波長分散特性テーブルの一例を表1に示す。

【0024】

【表1】

ファイバグレーティングフィルタX	
波長 (nm)	波長分散値 (ps/nm)
1551.0	-100.0
⋮	⋮
1551.3	0.0
⋮	⋮
1551.6	100.0

【0025】波長計25は、受信光信号の波長を検出し

て光フィルタ監視装置23に通知する。光フィルタ監視装置23は、波長計25で得た受信波長情報をもとに、光パス中に存在するファイバグレーティングフィルタに対する波長分散特性テーブルを参照してその波長分散値を求め、それを相殺する分散補償量を算出する。ここで算出された分散補償量は分散補償量制御装置27に通知される。分散補償制御装置27は、この分散補償量を可変分散補償器26がもつように制御する。

【0026】以上の構成および手順により、光パスが再設定され、光パス中に存在するファイバグレーティングの個数および種類が変化しても、本発明の光ネットワークシステムはそれを自動的に認識することができ、かつ補償すべき分散補償量を自動的に決定して分散補償することができる。ここで、可変分散補償器26としてチャープドファイバグレーティングを用いた場合について、図2および図3を参照して具体的に説明する。

【0027】図2に示す光受信器22、光フィルタ監視装置23、光カプラ24、波長計25、分散補償量制御装置27は、図1に示す各部に対応するものであり、ここでは可変分散補償器26として、熱的に分散補償量を変化させるチャープドファイバグレーティング28を用い、光サーキュレータ29を介して光受信器22の前段に挿入する構成を示す。チャープドファイバグレーティング28は、ファイバグレーティングに併設したペルチェ素子の電流値を変化させて発熱量を調整することにより、 -500ps/nm ～ -2500ps/nm の範囲で連続した分散値の変化が可能な素子である（文献：“Integrated Tunable Fiber Gratings for Dispersion Management in High-Bit Rate Systems”，IEEE JLT, vol.18, no.10, 2000）。

【0028】なお、正の分散が必要な場合には、 $+1000\text{ps/nm}$ 程度の分散補償ファイバを組み合わせることにより、負の分散から正の分散まで連続的に変化させることができる。また、複数のチャープドファイバグレーティング28を用いることにより、さらに大きな分散値の変化が可能であり、後述する本発明の有効範囲を十分にカバーすることができる。

【0029】図3は、本発明の分散補償制御方法の処理手順の一例を示す。ここでは、図2に示す構成に対応付けて説明する。①光フィルタ監視装置23は、光パス中に存在するファイバグレーティングフィルタの種類と個数（光フィルタ情報）を監視する。②波長計25は、受信光信号の波長を検出して光フィルタ監視装置23に通知する。③光フィルタ監視装置23は、波長計25で得た受信波長情報をもとに、光パス中に存在するファイバグレーティングフィルタの波長分散特性テーブルを参照してその波長分散値を求め、それを相殺する分散補償量を算出する。

【0030】④分散補償制御装置27は、光フィルタ監視装置23で得られた分散補償量に基づいて、チャープ

ドファイバグレーティング28に印加する制御電流*i*を設定する。⑤チャープドファイバグレーティング28は、この制御電流*i*によりヒートアップされ、対応する波長分散を得る。⑥光サーキュレータ29を介してチャープドファイバグレーティング28に入力された光信号は、設定された波長分散を有するチャープドファイバグレーティング28で反射し、分散補償される。⑦分散補償された反射光信号は、再び光サーキュレータ29を介して光受信器22に受信される。このときの光信号は、光パス中に存在するファイバグレーティングフィルタの波長分散によって生じた波形劣化が補償されている。

【0031】これにより、光ファイバ伝送路の障害等により光パスを再設定した場合でも、光パス中に存在するファイバグレーティングフィルタの波長分散に起因する伝送特性劣化を自動的に改善する光ネットワークシステムが実現する。

【0032】＜本願発明システムの評価系＞本願発明の光ネットワークシステムについて、光パス中のファイバグレーティングフィルタが8段接続された評価系を構成し、 $10\text{Gbit/s} \times 8\text{WDM4,256km}$ 周回伝送実験により伝送特性（電気SNR）を測定した実験結果について説明する。なお、ここでは、光フィルタ監視装置23から分散補償量制御装置27への制御、および分散補償量制御装置27から可変分散補償器26への制御等の一連の制御は、マニュアルで行うものとした。また、可変分散補償器26としては、補償量の異なる分散補償ファイバを組み合わせ使用したものとした。使用するファイバグレーティングフィルタの波長分散特性および反射特性は、図10のものを使用した。送信号は、 10Gbit/s のNRZ符号で強度変調された8波のWDM信号（ $1549.2 \sim 1554.94\text{nm}$ 、波長間隔 0.8nm ）とした。

【0033】図4は、本発明システムの評価系の構成例を示す。図4において、光サーキュレータ41の第1ポートと第3ポートを 532km の周回ループ（図示せず）を介して接続し、第2ポートにch6に対するファイバグレーティングフィルタ43を接続する。周回ループは、 50km スパンの -1.2ps/nm/km 分散シフトファイバと、分散補償用シングルモードファイバと、光出力 6dBm の光ファイバ増幅器と、光等化器から構成され、平均零分散波長は 1551.32nm である。光サーキュレータ41の第1ポートにch1～8の8波を入力し、第2ポートにファイバグレーティングフィルタ43を介してch1～8の8波を入力すると、ch6について周回ループを8周する約 4200km 伝送路中に8個のファイバグレーティングフィルタ43が周期的に配置されることになる。光受信器では、光フィルタによりch6を波長選択した後、分散補償ファイバにより分散補償した。

【0034】図5は、ファイバグレーティングフィルタ反射帯域内におけるch6の電気SNR劣化測定結果を示す。ここで、電気SNR劣化は、ファイバグレーティ

ングフィルタなしの場合の電気SNRとの差分とした。ファイバグレーティングフィルタなしの場合の電気SNRは、光ファイバ伝送路の分散スロープによる累積分散を補償したときのSNRである。このときの補償量は -400ps/nm である。そのため、ファイバグレーティングフィルタを伝送路中に配置した測定では、可変分散補償器を -400ps/nm に固定した場合と、図10の波長分散特性を相殺するように分散補償量を最適化した場合について評価した。

【0035】分散補償量 -400ps/nm に固定の場合は、シミュレーションにより求めたファイバグレーティングフィルタの振幅特性のみ考慮したSNR劣化よりも大きい。これは、ファイバグレーティングの分散と光ファイバの非線形光学効果との複合効果による波形劣化により、SNRが劣化したためと考えられる。受信端の分散補償量を図10の波長分散特性を相殺するように最適とした場合には、ほぼ振幅特性のみ考慮したSNRのレベルまで改善ができた。最適分散補償量は、図5に示すように正の累積分散を $100\sim 600\text{ps/nm}$ 残留させて補償したときであった。これにより、本発明では若干正の分散を残留させて補償する方が良好な伝送特性が得られることがわかる。

【0036】次に、本発明の有効範囲について示す。図6は、ファイバグレーティングフィルタの累積分散とSNR劣化の関係をシミュレーションにより求めた結果を示す。また、同図には図5から求めた実験結果も示す。ファイバグレーティングフィルタを分散媒質として扱い、 4200km 伝送路において、ファイバグレーティングフィルタが分布的に存在する場合(□)、8個のファイバグレーティングフィルタが周期的に配置される場合(○)、1個のファイバグレーティングフィルタが送信端に集中的に配置される場合(△)について検討した。なお、光ファイバ伝送路およびファイバグレーティングフィルタの分散スロープは無視した。他の条件は上記実験と同様である。

【0037】8個のファイバグレーティングフィルタが周期的に配置される場合は、分布的に存在する場合とほぼSNR劣化が等しく、その有効範囲はSNR劣化 1dB をリミットとすると、 $-1300\text{ps/nm}\sim 2400\text{ps/nm}$ となった。これは、実験結果とも一致する。また、1個のファイバグレーティングフィルタが送信端に配置されるときが最もSNR劣化が顕著であり、その有効範囲は $-500\text{ps/nm}\sim 1200\text{ps/nm}$ となった。

【0038】図7は、光パス長を 6400km とし、ファイバグレーティングフィルタによる累積分散とSNR劣化の関係をシミュレーションおよび実験に求めた結果を示す。条件は図6のシミュレーションと同様であるが、光パス長が長延化したことにより、伝送路中のファイバグレーティングフィルタの個数は12個とした。光パス長が 6400km の場合でも、本発明はファイバグレーティング

フィルタの波長分散に起因する伝送特性劣化を補償することができる。その有効範囲は、12個のファイバグレーティングフィルタが周期的に配置される場合で $-1300\text{ps/nm}\sim 2400\text{ps/nm}$ となり、最悪条件である1個のファイバグレーティングフィルタが送信端に配置されるときは $-500\text{ps/nm}\sim 1200\text{ps/nm}$ となった。

【0039】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光ネットワークシステムおよび分散補償制御方法は、光パス中に存在する光フィルタ(ファイバグレーティングフィルタ)を把握し、対応する波長分散特性テーブルを参照してその波長分散を求め、それを相殺する分散補償量を算出して分散補償を行うことができる。したがって、光パスの設定変更があった場合でも、その光パス中に存在する光フィルタの波長分散に起因する伝送特性劣化を自動的に改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光ネットワークシステムの実施形態を示すブロック図。

【図2】可変分散補償器にチャープドファイバグレーティングを用いた自動分散補償構成例を示す図。

【図3】本発明の分散補償制御方法の処理手順の一例を示すフローチャート。

【図4】本発明システムの評価系の構成例を示す図。

【図5】ch6の電気SNR劣化測定結果を示す図。

【図6】ファイバグレーティングフィルタの累積分散とSNR劣化の関係を示す図。

【図7】ファイバグレーティングフィルタの累積分散とSNR劣化の関係を示す図。

【図8】WDMメッシュネットワークの構成例を示す図。

【図9】 2×2 の光クロスコネクタ4の構成例を示す図。

【図10】ファイバグレーティングフィルタの波長分散特性および反射特性を示す図。

【符号の説明】

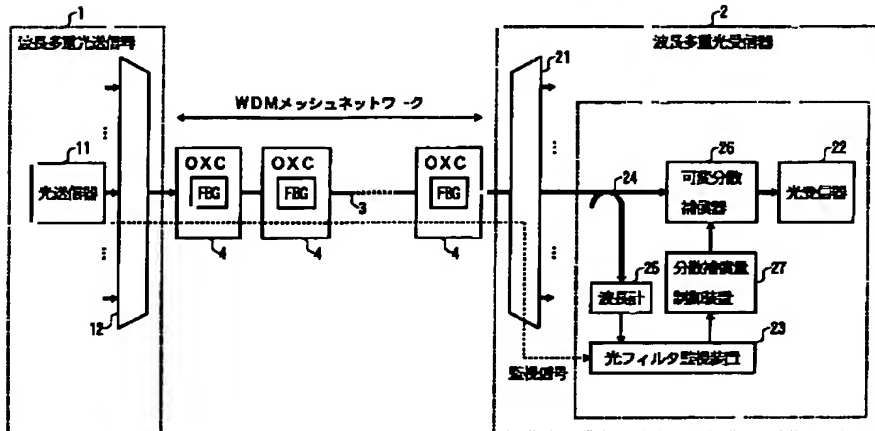
- 1 波長多重光送信器
- 2 波長多重光受信器
- 3 光ファイバ伝送路
- 4 光クロスコネクタ(OC)
- 11 光送信器
- 12 合波器
- 21 分波器
- 22 光受信器
- 23 光フィルタ監視装置
- 24 光カプラ
- 25 波長計
- 26 可変分散補償器
- 27 分散補償量制御装置
- 28 チャープドファイバグレーティング

29 光サーキュレータ
41 光サーキュレータ

42 2×2光スイッチ
43 ファイバグレーティングフィルタ (FBG)

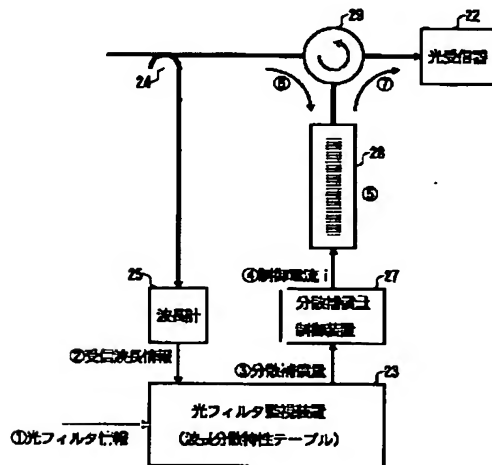
【図1】

本発明の光ネットワークシステムの実施形態



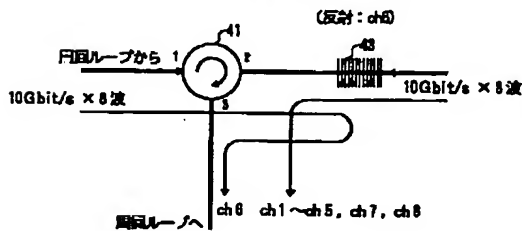
【図2】

可変分散補償器にチャープドファイバグレーティングを用いた自動分散補償構成例



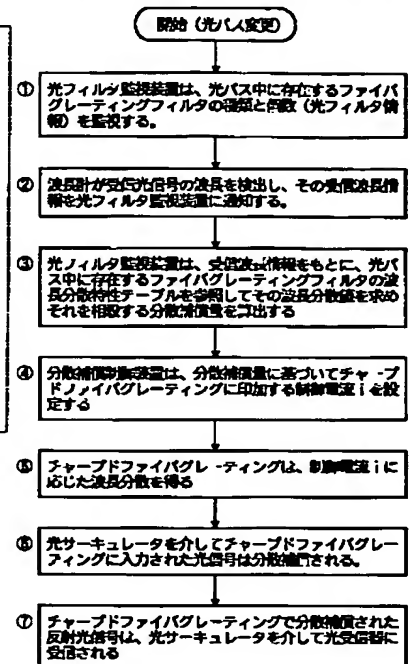
【図4】

本発明システムの評価系の構成例



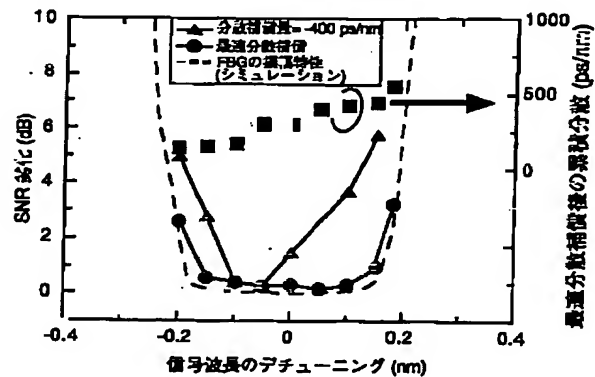
【図3】

本発明の分散補償制御方法の処理手順の一例



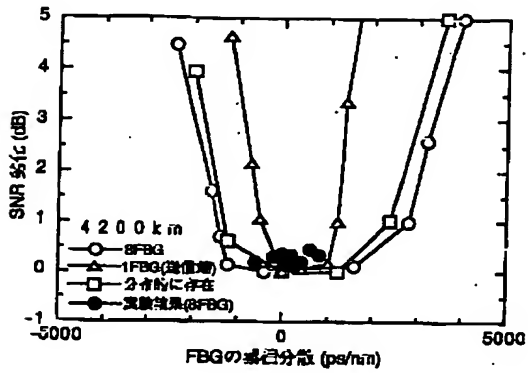
【図5】

ch 6 の電気 SNR 劣化測定結果



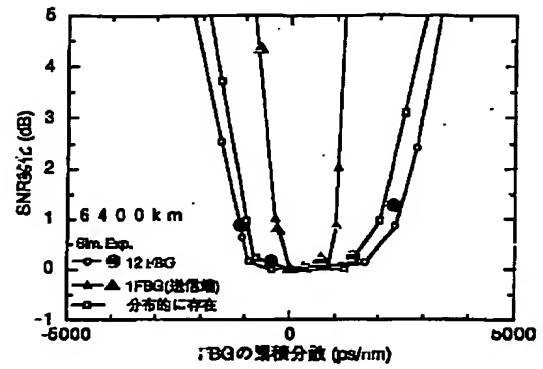
【図6】

ファイバグレーティングフィルタの累積分散とSNR劣化の関係



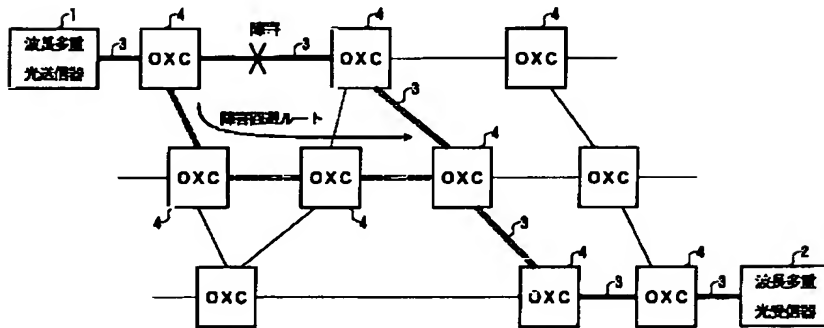
【図7】

ファイバグレーティングフィルタの累積分散とSNR劣化の関係



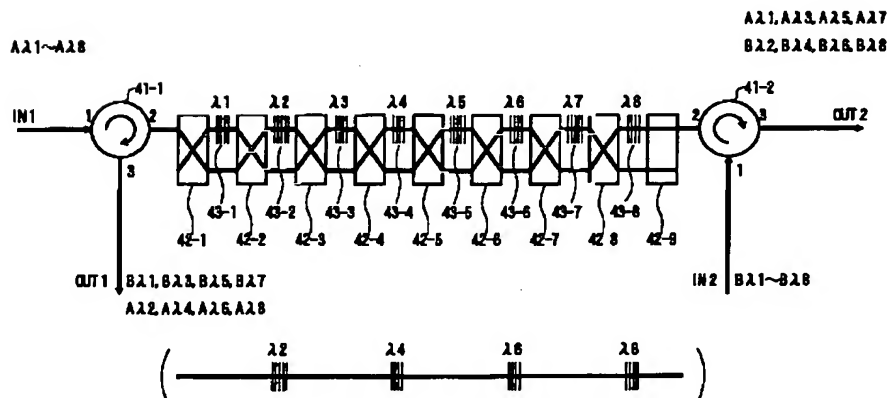
【図8】

WDMメッシュネットワークの構成例

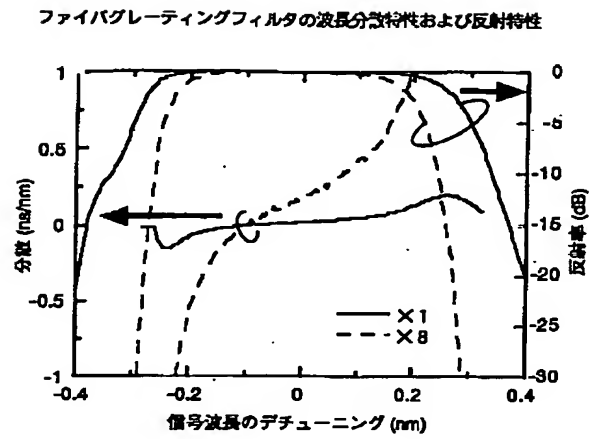


【図9】

2×2の光スイッチコネクタの構成例



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 今井 崇雅
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 久保 勉
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内
Fターム(参考) 2H050 AB05X AC84 AD00
5K002 AA01 AA03 BA02 CA01 DA02
DA09 EA03 FA01